



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 658 513 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 94119307.0

(51) Int. Cl. 5: C01B 33/16, C04B 30/00

(22) Anmeldetag: 07.12.94

(23) Priorität: 14.12.93 DE 4342548

(71) Anmelder: HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT
Brüningstrasse 50
D-66929 Frankfurt am Main (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.06.95 Patentblatt 95/25

(72) Erfinder: Jansen, Rolf-Michael, Dr.
Johann-Strausa-Straße 18
D-65799 Kelkheim (DE)
Erfinder: Zimmermann, Andreas, Dr.
Im Dürren Kopf 27a
D-64347 Gräfesheim (DE)
Erfinder: Jacquinot, Eric
22, rue de la Fontaine St. Martin
F-60360 Attichy (FR)
Erfinder: Smith, Douglas M., Prof.
1412 Marquette PL NE
Albuquerque, NM 87106 (US)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL SE

(54) Xerogele, Verfahren zu ihrer Herstellung, sowie ihre Verwendung.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung modifizierter SiO₂-Gеле, "Xerogele" genannt, sowie die so hergestellten Xerogele selbst und deren Verwendung.

Die Xerogele werden dadurch hergestellt, daß man eine wäßrige Wasserglaslösung ansäuert, die dabei entstandene Kieselsäure durch Zugabe einer Base zu einem SiO₂-Gel polymerisiert, mit einem organischen Lösungsmittel weitgehend das Wasser aus dem Gel auswäscht, dieses mit einem Silylierungsmittel umsetzt und dann bei -30 bis 200 °C und 0,001 bis 20 bar trocknet.

EP 0 658 513 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung modifizierter SiO_2 -Gele, im folgenden "Xero-gele" genannt, sowie die so hergestellten Xerogele selbst und deren Verwendung.

Die hergestellten Xerogele sind den üblichen SiO_2 -Aerogelen verwandt, aber nicht mit ihnen identisch.

SiO_2 -Aerogale sind dafür bekannt, daß sie hervorragende Isolationswirkung besitzen. Sie werden beispielsweise durch saure Hydrolyse von Tetraethylorthosilikat in Ethanol hergestellt. Bei der Hydrolyse entsteht ein Gel, dessen Struktur durch die Temperatur, den pH-Wert und die Dauer des Gelierprozesses bestimmt ist. Jedoch kollabiert die Gelstruktur im allgemeinen bei der Trocknung der nassen Gele, die die bei der Trocknung auftretenden Kapillarkräfte extrem groß sind. Der Gekollaps kann dadurch verhindert werden, daß die Trocknung oberhalb der kritischen Temperatur und des kritischen Druckes des Lösungsmittels durchgeführt wird. In diesem Bereich die Phasengrenze flüssig/gaslöslich verschwindet, entfallen auch die Kapillarkräfte und das Gel verändert sich während der Trocknung nicht, d. h. es tritt auch kein Schrumpfen des Ges während der Trocknung auf. Auf dieser Trocknungstechnik basierende Herstellverfahren sind bekannt, z. B. aus EP-A-0 396 076 oder WO 92 03378. Diese Technik erfordert aber beispielsweise bei der Verwendung von Ethanol eine Temperatur über 240°C und Drücke über 40 bar. Der Austausch von Ethanol gegen CO_2 vor der Trocknung erniedrigt zwar die Trocknungstemperatur auf ca. 40°C , der benötigte Druck liegt aber dann bei 80 bar.

Es wurde nun gefunden, daß man SiO_2 -Gele bei unterkritischen Bedingungen trocknen kann (d.h. bei der Trocknung liegt eine Flüssigphase und eine Gasphase vor), wenn man sie vor der Trocknung mit einem Silylierungsmittel umsetzt. Die erhaltenen Produkte werden im folgenden als "Xero-gele" bezeichnet. Sie sind hervorragende Wärmeisolationsmittel.

Ein Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Xerogelen, dadurch gekennzeichnet, daß man

- eine wässrige Wasserglaslösung mit Hilfe eines sauren Ionentauscherharzes oder einer Mineralsäure auf einen pH-Wert $\leq 2,2$ bringt,
- die dabei entstandene Kieselsäure durch Zufügung einer Base zu einem SiO_2 -Gel polymerisiert und, falls in Schritt a) eine Mineralsäure benutzt wurde, das Gel mit Wasser elektrolytfrei wäscht,
- des in Schritt b) erhaltenen Gel mit einem organischen Lösungsmittel solange wäscht, bis der Wassergehalt des Gels ≤ 5 Gew.-% ist,
- das in Schritt c) erholtene Gel mit einem Silylierungsmittel umsetzt,

5 e) das in Schritt d) erhaltenen silylierte Gel bei -30 bis 200°C und $0,001$ bis 20 bar trocknet.

In Schritt a) wird vorzugsweise ein saures Ionentauscherharz eingesetzt; dabei sind vor allem solche geeignet, die Sulfonsäuregruppen enthalten. Falls man Mineralsäuren einsetzt, sind vor allem Salzsäure und Schwefelsäure geeignet. Als Wasserglas wird im allgemeinen Natrium- oder Kaliumwasserglas verwendet.

10 In Schritt b) wird als Base im allgemeinen NH_4OH , NaOH , KOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$ oder kolloidale Kieselsäure eingesetzt. Falls in Schritt e) eine Mineralsäure verwendet wurde, wird das mit Hilfe der Base erzeugte SiO_2 -Gel mit Wasser elektrolytfrei gewaschen; vorzugsweise wird dabei solange gewaschen, bis das ablaufende Waschwasser dieselbe elektrische Leitfähigkeit hat wie antminerolisierendes Wasser.

15 Vor Schritt c) läßt man das Gel vorzugsweise altern, und zwar im allgemeinen bei 20 bis 90°C , vorzugsweise bei 20 bis 70°C , und einem pH-Wert von 6 bis 11 , vorzugsweise 6 bis 9 . Die Zeit dafür beträgt im allgemeinen 1 bis 48 Stunden, insbesondere 1 bis 24 Stunden.

20 In Schritt c) wäscht man das Gel vorzugsweise solange mit einem organischen Lösungsmittel, bis der Wassergehalt des Gels kleiner als 2 Gew.-% ist. Als Lösungsmittel werden im allgemeinen eliphatische Alkohole, Ether, Ester oder Ketone, oder eliphatische oder aromatische Kohlenwasserstoffe verwendet. Bevorzugte Lösungsmittel sind Methanol, Ethanol, Aceton, Tetrahydrofuran, Essigsäureethylester, Dioxan, n-Hexan, Toluol. Man kann auch Gemische aus den genannten Lösungsmitteln verwenden. Man kann auch zuerst das Wasser mit einem Alkohol auswaschen und dann diesen mit einem Kohlenwasserstoff auswaschen.

25 Die Schritte a) bis c) werden im allgemeinen bei einer Temperatur zwischen dem Gefrierpunkt der Lösung und 70°C durchgeführt.

30 In Schritt d) wird das lösungsmittelhaltige Gel mit einem Silylierungsmittel umgesetzt. Als Silylierungsmittel werden im allgemeinen Silane der Formeln $\text{R}'_4-\text{SiCl}_n$ oder $\text{R}'_4-\text{Si}(\text{OR}^2)_n$ mit $n = 1$ bis 3 eingesetzt, wobei R' und R^2 unabhängig voneinander $\text{C}_1\text{-C}_6$ -Alkyl, Cyclohexyl oder Phenyl sind. Auch Silazane sind geeignet. Vorzugsweise verwendet man Mono-, Di- oder Trimethylchlorsilan, Trimethylmethoxysilan oder Hexamethyldialazen. Die Umsetzung wird im allgemeinen bei 20 bis 100°C , vorzugsweise 30 bis 70°C durchgeführt, wenn nötig in einem Lösungsmittel.

35 Vor Schritt e) wird das silylierte Gel vorzugsweise mit einem protischen oder aprotischen Lösungsmittel gewaschen, bis unumgesetztes Silylierungsmittel im wesentlichen entfernt ist (Restgehalt ≤ 1 Gew.-%). Geeignete Lösungsmittel sind dabei die bei Schritt c) genannten. Analog sind die dort

als bevorzugt genannten Lösungsmittel auch hier bevorzugt.

In Schritt e) wird das silylierte, und vorzugsweise danach gewaschene Gel bei Temperaturen von -30 bis 200 °C, vorzugsweise 0 bis 100 °C, sowie Drücken von 0,001 bis 20 bar, vorzugsweise 0,01 bis 5 bar, insbesondere 0,1 bis 2 bar, getrocknet. Höhere Temperaturen als 200 °C und/oder höhere Drücke als 20 bar sind ohne weiteres möglich, aber sie sind mit Überflüssigen Aufwand verbunden und bringen keine Vorteile mit sich. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß bei der Trocknung Temperaturen und Drücke genügen, die für die üblichen Lösungsmittel weit unter deren kritischen Temperaturen und Drücke liegen. Die Trocknung wird im allgemeinen so lange fortgeführt, bis das Gel einen Lösungsmittel-Restgehalt von weniger als 0,1 Gew.-% hat.

Die erfindungsgemäßen Verfahren soll an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Beispiel

1 l einer Natriumwasserglaslösung (mit einem Gehalt von 8 Gew.-% SiO₂ und einem Na₂O:SiO₂ Verhältnis von 2:3) wurde zusammen mit 0,5 l eines sauren Ionentauscherharzes (Styroldivinylbenzolcopolymer mit Sulfonsäuregruppen, handelsüblich unter dem Namen ©Duolite C20) gerührt, bis der pH der wäßrigen Lösung = 1,5 war. Anschließend wurde das Ionentauscherharz abfiltriert und die wäßrige Lösung mit 0,5 molerer NH₄OH-Lösung auf einen pH von 4 eingestellt. Danach wurde das entstandene Gel noch 24 Stunden bei 50 °C gereift und anschließend das Wasser mit 3 l Ethanol extrahiert. Aus dem so hergestellten Gel wurde das Ethanol mit 1,5 l n-Hexan bei 50 °C extrahiert. Anschließend wurde das hexenhaltige Gel mit Trimethylchlorsilan (TMCS) silyliert (0,05 g TMCS pro Gramm nasses Gel), dann wieder mit 0,5 l n-Hexan gewaschen. Die Trocknung des Gels erfolgte an Luft (3 Stunden bei 40 °C, dann 2 Stunden bei 50 °C und 12 Stunden bei 150 °C).

Das so erhaltene, transparente Xerogel hatte eine Dichte von 0,13 g/cm³. Die spezifische Oberfläche lag bei 950 m²/g. Der λ-Wert lag bei 0,016 W/mk.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Xerogelen, dadurch gekennzeichnet, daß man
 - a) eine wäßrige Wasserglaslösung mit Hilfe eines sauren Ionentauscherharzes oder einer Mineralsäure auf einen pH-Wert ≤ 2,2 bringt,
 - b) die dabei entstandene Kieselsäure durch Zugabe einer Base zu einem SiO₂-Gel poly-

- merisiert und, falls in Schritt a) eine Mineralsäure benutzt wurde, das Gel mit Wasser elektrolytfrei wäscht,
- 5 c) das in Schritt b) erhaltene Gel mit einem organischen Lösungsmittel solange wäscht, bis der Wassergehalt des Gels ≤ 5 Gew.-% ist,
 - 10 d) das in Schritt c) erhaltene Gel mit einem Silylierungsmittel umsetzt,
 - e) das in Schritt d) erhaltene silylierte Gel bei -30 bis 200 °C und 0,001 bis 20 bar trocknet.
 - 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man in Schritt a) ein saures Ionentauscherharz einsetzt.
 - 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man in Schritt b) als Base NH₄OH, NaOH, KOH, Al(OH)₃ oder kolloidale Kieselsäure einsetzt.
 - 25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man das in Schritt b) erhaltene SiO₂-Gel bei 20 bis 90 °C und einem pH-Wert von 6 bis 11 für eine Dauer von 1 bis 48 Stunden altern läßt, bevor man es in Schritt c) wäscht.
 - 30 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der pH-Wert 6 bis 9 beträgt.
 - 35 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer 1 bis 24 Stunden beträgt.
 - 40 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß man in Schritt c) das Gel solange wäscht, bis sein Wassergehalt ≤ 2 Gew.-% ist.
 - 45 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man in Schritt c) als organisches Lösungsmittel Methanol, Ethanol, Aceton, Tetrahydrofuran, Essigsäureethylester, Dioxan, n-Hexan oder Toluol einsetzt.
 - 50 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß man in Schritt d) als Silylierungsmittel Mono-, Di- oder Trimethylchlorsilan, Trimethylmethoxysilan oder Hexamethyldisilazan einsetzt.
 - 55 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß man das in Schritt d) erhaltene silylierte Gel mit einem protischen oder aprotischen Lösungsmittel wäscht, bevor man es in Schritt e) trocknet.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß man in Schritt e)
das silylierte Gel bei 0 bis 100 °C trocknet.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß man das silylierte
Gel in Schritt e) bei 0,01 bis 5 bar trocknet.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß man das silylierte
Gel in Schritt e) bei 0,1 bis 2 bar trocknet.
14. Xerogel, erhältlich nach dem Verfahren gemäß
einem der Ansprüche 1 bis 13.
15. Verwendung des Xerogels nach Anspruch 14
als Wärmeisolationsmittel.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 94 11 9307

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE															
Kategorie	Kenzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der erreichbaren Teile	Berechtigter Anspruch	KLASSEFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.)												
A	GB-A-682 574 (00W CORNING LIMITEO) * Beispiel 1 * * Seite 3, Zeile 5 - Zeile 7 *	1,8,9	C01B33/16 C04B30/00												
A	CHEMISCHES ZENTRALBLATT, Nr. 20, 1965, Berlin, D E; Zusammenfassung Nr. 2187, *das ganze Zusammenfassung * & PRZEMYSŁ CHEM., Band 41, 1962, Seite n 87 - 90, F. POLAK ET AL. ----	1-3													
A	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 81, no. 14, 7. Oktober 1974, Columbus, Ohio, US; abstract no. B2740a, Seite 328 ; * Zusammenfassung * & CS-A-152 568 (J. VISKA ET AL.) ----	1-3													
A	OE-C-837 384 (ULTRAKUST-GERÄTEBAU OR.-ING. OSWALDO RAUSZUS) -----		RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl. 6) C01B C09C												
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1"> <tr> <td>Rechercherort</td> <td>Abschlußdatum der Recherche</td> <td>Praktiker</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>29. März 1995</td> <td>Brebion, J</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtchriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmender Dokument </td> </tr> </table>				Rechercherort	Abschlußdatum der Recherche	Praktiker	DEN HAAG	29. März 1995	Brebion, J	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtchriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmender Dokument		
Rechercherort	Abschlußdatum der Recherche	Praktiker													
DEN HAAG	29. März 1995	Brebion, J													
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtchriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur															
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmender Dokument															